

DIALOG(R)File 347:JAPIO  
(c) 2007 JPO & JAPIO. All rts. reserv.  
06597593      \*\*Image available\*\*  
SEMICONDUCTOR PHOTODETECTOR AND ITS MANUFACTURE

PUB. NO.:        2000-183390 [JP 2000183390 A]  
PUBLISHED:      June 30, 2000 (20000630)  
INVENTOR(s):    KATO MASANOBU  
                  FURUKAWA RYOZO  
APPLICANT(s):   OKI ELECTRIC IND CO LTD  
APPL. NO.:      10-351580 [JP 98351580]  
FILED:          December 10, 1998 (19981210)  
INTL CLASS:     H01L-031/10; H01L-027/14

## ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase a photosensitivity of a semiconductor element to increase adhesion by setting an incident angle of light against an insulating film having a specified refractive index and against a slant face so as to get a total internal reflection of light.

SOLUTION: In a lower part of an InP substrate 105, a V-shaped groove 113 with a nearly mirror side face 114 is formed, A silicon nitride film 101 as a mirror reflection film is formed in contact with the mirror face 114 of the V-shaped groove 113. Light incident from an end face of the InP substrate 105 is incident into the silicon nitride film 101 at an incident angle  $\theta$  of 55°. The light incident at an incident angle  $\theta$  of 55° is totally reflected and then is incident into a light detecting section, with no reduction in the quantity of emitted photons. When the incident angle  $\theta$  is 40° or above, the silicon nitride film could be replaced with a silicon oxide film as a mirror reflection film. The silicon nitride film and the silicon oxide film have a lower refractive index relative to the InP substrate and have a good adhesion with the InP substrate.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

?

(19) 日本特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-183390  
(P2000-183390A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int. Cl. <sup>1</sup>	識別記号	F I	チーコード* (参考)
H 0 1 L 31/10		H 0 1 L 31/10	A 4 M 1 1 8
27/14		27/14	D 5 F 0 4 9

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-351580

(22) 出願日 平成10年12月10日 (1998.12.10)

(71) 出願人 000000235

沖電気工業株式会社  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 加藤 昌伸

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 古川 達三

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(74) 代理人 100089093

弁理士 大西 健治

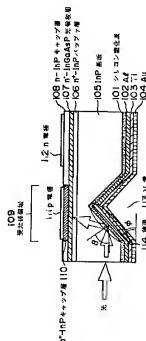
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体受光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【解決手段】 斜面を有する半導体受光素子に於いて、全反射するような条件で、斜面上に反射膜として絶縁膜が形成される。

【効果】 受光感度が高くかつ密着性の優れた半導体素子が実現できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 斜面が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板よりも屈折率の低い材料が反射膜として前記斜面上に形成され、前記半導体基板に入射した光を前記斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、

前記材料は絶縁膜であり、前記反射が全反射となるように、所定の屈折率を有する前記絶縁膜及び前記斜面に対する光の入射角を設定することを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項2】 前記受光部は前記半導体基板の第1の主面上に形成され、前記斜面は前記半導体基板の第2の主面に形成され、前記半導体基板の第2の主面に所定の電位が与えられる電極が形成されることを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項3】 前記絶縁膜は、シリコン酸化膜又はシリコン酸化物で、前記光の入射角は $40^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項4】 前記絶縁膜は屈折率が1.9以下で入射角が $36.29^\circ$ より大きいことを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項5】 裏面に溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板に入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、

前記溝内を前記半導体基板より屈折率が低い第1の材料により埋め込むことを特徴とする半導体受光素子。

【請求項6】 前記第1の材料は、前記半導体基板内を光が進行する領域に対応する前記半導体基板裏面に接触して形成されることを特徴とする請求項5記載の半導体受光素子。

【請求項7】 前記第1の材料は樹脂であり、前記斜面と前記第1の材料との間に、前記斜面に接して、前記半導体基板より屈折率の低い、樹脂以外の第2の材料が形成されることを特徴とする請求項6記載の半導体受光素子。

【請求項8】 前記第2の材料は前記半導体基板内を光が進行する領域に対応する前記半導体基板裏面に接触して形成されることを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項9】 前記溝を除く前記半導体基板裏面全面に前記半導体基板に接触してボンディングメタルが形成されることを特徴とする請求項5記載の半導体受光素子。

【請求項10】 前記溝及び前記第2の材料が形成された前記半導体基板裏面を除く前記半導体基板裏面に接触してボンディングメタルが形成されることを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項11】 前記溝は半導体基板の端部に形成されないことを特徴とする請求項5乃至10いずれか記載の半導体受光素子。

【請求項12】 前記第2の材料は、シリコン酸化膜又はシリコン酸化物又は $\text{Al}_2\text{O}_3$ であることを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項13】 前記第2の材料は屈折率が1.9以下で入射角が $36.29^\circ$ より大きいことを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項14】 前記反射が全反射となるように、所定の屈折率を有する前記第2の材料及び前記斜面に対する光の入射角を設定することを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項15】 裏面に溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板内に入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子の製造方法に於いて、前記半導体ウエハに溝を形成する工程と、前記溝内を前記半導体ウエハより屈折率が低い第1の材料により埋め込む工程と、

前記溝内に第1の材料を埋め込んだ後、前記半導体ウエハをチップに分割するための分割を行うことを特徴とする半導体受光素子の製造方法。

【請求項16】 溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板に入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記溝内に気体を封入し、金属板で封止することを特徴とする半導体受光素子。

【請求項17】 前記半導体基板はInP基板であることを特徴とする請求項1乃至16何れか記載の半導体受光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体受光素子に関し、特に $1\mu\text{m}$ 帯域の光通信平面実装用の端面入射型半導体受光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の端面入射型半導体受光素子の一例として、特開平9-307134号に開示されるものがある。

【0003】上記、公報図3には、大気中からn型InP基板3の端面に入射し、n型InP基板3中を進行する光を、n型InP基板3の斜面3A上に形成した高い反射率の金属層15（鏡面反射膜）によって反射させて、光検出部PDへ導く光モジュールが開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記公報に於いて、金属層15として、InP基板との界面で、反射率が比較的高い、例えばAuを用いても、光の波長が $1.3\mu\text{m}$ （端面入射型半導体受光素子で通常利用される光の波長）、かつ光の入射角が $5^\circ$ の場合、反射率が約0.

6程度になってしまう。このとき入射光に対する光電流が0.6 A/Wとなり、受光感度が低下してしまうという問題があった。また、AuはInP基板と密着性が極めて悪いので、すぐに剥がれてしまうという問題があった。

【0005】金属層15として、InP基板と密着性が良いクロムやチタンを用いた場合、Auに比べて反射率が更に低下してしまうという問題があった。

【0006】よって、上記公報のように鏡面反射膜として金属層を用いた場合、密着性の良さと反射率の良さ（波長が1.3 μmである光の場合）を同時に満足させることができなかった。

【0007】また上記、公報に於いて、InP基板表面にV溝を形成した後、ウェハ状態のInP基板をダイヤモンドによって、傷をつけ、劈開によって、InP基板の端面を形成する場合、V溝に応力が集中してしまい、V溝に従って、InP基板が割れてしまい、設計した場所と異なる位置に端面が形成されてしまうという問題があった。またチップ自体も上面や裏面からの応力に対して脆いという問題がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するために、本発明の請求項1記載の半導体受光素子は、斜面が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板よりも屈折率の低い材料が反射膜として前記斜面上に形成され、前記半導体基板に入射した光を前記斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記材料は絶縁膜であり、前記反射が全反射となるように、所定の屈折率を有する前記絶縁膜及び前記斜面に対する光の入射角を設定することを特徴とする。

【0009】本発明の請求項2記載の半導体受光素子は、裏面に溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板に入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記溝内を前記半導体基板より屈折率が低い第1の材料により埋め込むことを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の断面図である。

【0011】InP基板105上にn<sup>+</sup>型InPバッファ層106、n<sup>+</sup>型InGaAsP光吸収層107、n型InPキャップ層108が順次形成されている。

【0012】またn型InPキャップ層108内の受光部領域109には、選択拡散法により、P<sup>+</sup>型InPキャップ層111が形成されている。

【0013】P<sup>+</sup>型InPキャップ層111上には、P電極が形成されており、低電位が与えられる。n型InPキャップ層108上には、n電極が形成されており、高電位が与えられる。

【0014】これにより、n<sup>+</sup>型InPバッファ層106、n<sup>+</sup>型InGaAsP光吸収層107、p型InPキャップ層110の間でpinダイオードが形成される。

【0015】このダイオードは、逆バイアスされ、光が入射することにより電流が流れる光検出部（フォトダイオード）となっている。

【0016】InP基板105下部には、側面が113は鏡面114であるV溝113が形成されている。この鏡面114はInP基板の順マシ面である。

【0017】このV溝113は、HC1とH3P04とが1対4の割合で混合されたエッチング液を用いて形成される。

【0018】これにより、InP基板105表面に対する溝の角度はφ=35°となる。よって、鏡面114に対する光の入射角はθ=55°となる。

【0019】V溝113の鏡面114に接して、鏡面反射膜としてシリコン窒化膜101が形成される。

【0020】またV溝以外でもInP基板105表面に接してシリコン窒化膜101が形成されており、シリコン窒化膜101上には、Al102、Ti103、Au104が順次形成されている。

【0021】Au104はこの半導体受光素子を基板にダイスボンディングするためのボンディングメタルである。シリコン窒化膜101はAu104よりInP基板105との密着性が良い膜である。Al102はシリコン窒化膜101と密着性が良い膜である。またTi103はAl102とAu104の両者と密着性が良い膜である。

【0022】次に、本実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の動作について説明する。

【0023】InP基板105の端面から入射した光が鏡面114に接して形成されたシリコン窒化膜101に入射角θ=55°で入射する。

【0024】図2は、InP基板からシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の各材料に入射する光の入射角θに対する反射率を示したグラフである。

【0025】実線は、TEモードでの各材料の入射角に対する反射率を示した線である。点線はTMモードでの各材料の入射角に対する反射率を示した線である。

【0026】シリコン窒化膜は、入射角θが40°以上で、反射率が1となり全反射する。

【0027】よって、第1の実施の形態に於いて、入射角θ=55°で入射した光は全反射し、光検出部に入射するので、鏡面での光の損失はない。

【0028】第1の実施の形態では、半導体基板としてInP基板を用い、入射角θ=55°で鏡面反射膜がシリコン窒化膜の場合について示したが、図2に示すとおり、入射角θ=40°以上の場合、鏡面反射膜として、シリコン窒化膜の他、シリコン酸化膜を用いてもよいし、鏡面反射膜を用いず、V溝に何も形成せず、鏡面1

14を直接大気にさらすようにしてもよい。しかしながら、鏡面を直接空気にさらし、鏡面になにも形成しない場合、後工程に於いて半導体受光素子を基板にダイスボンダする際に半田が鏡面に付着する恐れがある。この場合、反射率が低下してしまう恐れがあるので後記する実施の形態の構成を採用する必要がある。

【0029】ここで、シリコン窒化膜やシリコン酸化膜は、InP基板に対して屈折率が低い膜であり、かつInP基板との密着性が優れた膜である。シリコン窒化膜やシリコン酸化膜は、入射する光の波長が $1.3\mu\text{m} \sim 1.625\mu\text{m}$ の場合、光の吸収がない膜である。

【0030】図3は、InP基板中から鏡面反射膜である材料Xに入射した光が全反射する場合の、入射角に対する材料Xの屈折率を示すグラフである。

【0031】グラフに記載された線より右側の領域が光が全反射する領域である。

【0032】第1の実施の形態の半導体受光素子に於いて、図3のように全反射する条件に適合するような、光の入射角（溝のInP基板裏面にに対する角度）及び所定の屈折率を有する鏡面反射膜である絶縁膜を適当に設定することで、受光感度の低下が少なく、かつInP基板との密着性の優れた半導体受光素子が実現できる。

【0033】図6は、第1の実施の形態の半導体受光素子100をシリコン基板120上に実装した状態を示した図である。

【0034】140、150は電極パターンであり、それぞれ半導体受光素子100のp電極111及びn電極112に接続される。p電極111及びn電極112は電極パターン140、150を介して電位が与えられる。またシングルモードファイバ130がシリコン基板100に実装され、シングルモードファイバ130からの光が半導体受光素子100端面に入射される。

【0035】図4は本発明の第2の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の断面図である。

【0036】InP基板201上にn<sup>+</sup>型InPバッファ層208、n<sup>+</sup>型InGaAsP光吸収層209、n型InPキャップ層210が順次形成されている。

【0037】またn型InPキャップ層210内の受光部領域212には、選択拡散法により、P<sup>+</sup>型InPキャップ層211が形成されている。

【0038】P<sup>+</sup>型InPキャップ層211上には、P電極が形成されており、低電位が与えられる。InP基板201下部には、第1の実施の形態と同様のV溝202が形成されている。このV溝はHClとH3PO4とが1対4の割合で混合されたエッチング液を用いて形成される。

【0039】これにより、InP基板105裏面に対する溝の角度は $\phi=35^\circ$ となる。よって、鏡面に對する光の入射角は $\theta=55^\circ$ となる。またV溝113の鏡面が形成されている鏡面反射領域206及び半導体受光素

子端面から入射した光が進行する光導波領域205のInP基板201裏面上には、鏡面反射膜としてシリコン窒化膜207が形成される。

【0040】またシリコン窒化膜207及びシリコン窒化膜207で覆われず露出したInP基板201裏面上には、AuGeNi、Au、Cr、Auが順次形成されており（AuGeNi、Au、Cr、Auからなる膜を複合膜204とする）、高電位が与えられpinダイオードのn電極として構成されている。ここでAuGeNiとAuとは合金化されている。

【0041】図5は、第2の実施の形態の半導体受光素子を裏面方向から見た斜視図である。光導波領域205及び鏡面反射領域206に對するInP基板201裏面上には、シリコン窒化膜207、複合膜204が順次形成されており、それ以外のInP基板201裏面上には複合膜204が直接形成されている。

【0042】第2の実施の形態では、光が通る領域（光導波領域及び鏡面反射領域）にのみシリコン窒化膜を形成し、InP基板裏面にオームックメタルであるAuGeNiを直接接続しているのを、これを電極として利用できる。

【0043】第2の実施の形態では、光の入射角を $55^\circ$ とし、鏡面反射膜としてシリコン窒化膜を採用したが、第2の実施の形態に於いても、第1の実施の形態と同様、全反射する条件に適合するような、光の入射角（溝のInP基板裏面にに対する角度）及び所定の屈折率の鏡面反射膜である絶縁膜を適当に設定することで、受光感度の低下が少なく、かつInP基板との密着性の優れた半導体受光素子が実現できる。

【0044】図7は、第2の実施の形態の半導体受光素子200をシリコン基板220上に実装した状態を示した図である。

【0045】240、250は電極パターンであり、それぞれ半導体受光素子200のp電極213及びn電極214に接続される。またシングルモードファイバ230がシリコン基板220に実装され、シングルモードファイバ230からの光が半導体受光素子200端面に入射される。

【0046】図8は本発明の半導体受光素子を搭載した平面実装モジュールを示す図である。

【0047】この平面実装モジュールは、第2の実施の形態の半導体受光素子を実装した図7で示したシリコン基板がエポキシ樹脂260で封止されている。

【0048】第2の実施の形態では、InP基板裏面に電極が形成されており、InP基板裏面の電極とシリコン基板220に形成された電極パターン214とを半田等で接続することにより、半導体受光素子をシリコン基板に実装する構成となっている。よって第2の実施の形態の半導体受光素子では、ワイヤボンディング工程が第1の実施の形態の半導体受光素子に対して少なくて

すむので、実装コストを低減でき、かつワイヤが少ないのでワイヤ断線の可能性が少なくなるので信頼性の高い平面実装モジュールを実現できる。

【0049】図9は第3の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図である。

【0050】InP基板301上には、第1の実施の形態の受光素子と同様、図示しないn<sup>+</sup>型InPバッファ層、n<sup>+</sup>型InGaAsP光吸収層、n型InPキャップ層が順次形成され、n型InPキャップ層の受光部領域には、P<sup>+</sup>型InPキャップ層が形成されている。

【0051】またP<sup>+</sup>型InPキャップ層上には、P電極が形成されており、低電位が与えられる。n<sup>+</sup>型InPキャップ層上には、n電極が形成されており、高電位が与えられる。

【0052】一方、InP基板301下部にはV溝304が形成され、V溝304内が、InP基板に対して屈折率の低い素材であるポリイミド303で埋め込まれている。ここでInP基板の屈折率は3.21でポリイミドの屈折率は1.7である。V溝内のポリイミド303は鏡面反射膜として使用される。InP基板301を進行する光がV溝304の斜面で全反射するように、V溝の鏡面のInP基板301に対する角度が設定される。

【0053】ポリイミドの屈折率は1.7であるので、ポリイミド303に対する光の入射角は $\theta = 30^\circ$ 以上であれば光は全反射するので、InP基板301裏面に対するV溝の鏡面の角度は $\phi = 60^\circ$ 以下であればよい。また、InP基板301裏面及びポリイミド303上に図示しない基板に実装するためのボンディングメタル302が形成されている。

【0054】本実施の形態の半導体受光素子は、ウェハ状態の時、InP基板301に形成されたV溝に予めポリイミド303を埋め込み、かつポリイミド303及びInP基板301裏面上にボンディングメタル302を形成しておく。その後、劈開をし、InP基板をチップに分割する。

【0055】よって、V溝にポリイミドが埋め込まれることにより、劈開時にV溝への応力の集中が回避できるため、V溝に従って、InP基板が割れてしまうという問題がなくなり設計通りのInP基板端面を形成できる。

【0056】本実施の形態の半導体受光素子では、V溝を埋め込む膜をポリイミドにし、ポリイミドに対する光の入射角を $\theta = 30^\circ$ 以上とし、V溝の鏡面で光が全反射するように構成した。しかしV溝鏡面で光を単に反射させ、InP基板の割れ防止のみを考慮するのであれば、InP基板に対して、屈折率が低い材料であればポリイミド以外の膜でもよい。

【0057】図10は本発明の第4の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図である。

【0058】第3の実施の形態の半導体受光素子と同一

又は相当構成要素には同一符号が付与される。

【0059】本実施の形態の半導体受光素子は、ポリイミド303がV溝304内に埋め込まれると共にV溝以外のInP基板301裏面に接して形成され、ポリイミド303上にボンディングメタル302が形成される。

【0060】それ以外は第3の実施の形態の半導体受光素子と構成及び、ポリイミド、ボンディングメタルを形成してからチップに分割するという製造方法は同一である。

【0061】本実施の形態では、第3の実施の形態の効果に加えて、InP基板301端面に入射する光のInP基板301裏面からの入射位置が低い場合でも、InP基板301に入射した光が進行する領域に対応するInP基板301裏面にポリイミド303が形成されているので、InP基板端面から入射した光がV溝304の鏡面に入射する前にInP基板裏面から外部へ出ることがない。

【0062】すなわち、InP基板301裏面に形成されたポリイミド303によって、光が反射するので、高感度な受光が実現される。

【0063】図11は本発明の第5の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図である。

【0064】第3の実施の形態の半導体受光素子と同一又は相当構成要素には同一符号が付与される。

【0065】本実施の形態では、ポリイミド303とInP基板301との界面にInP基板より屈折率が低い膜である、SiO<sub>2</sub>又はSiNx又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の膜305が形成される。このとき、InP基板301に入射した光がV溝304の鏡面で全反射するような入射角に設定しておく。

【0066】また、ボンディングメタル302とInP基板301裏面との界面にInP基板より屈折率が低い膜である、SiO<sub>2</sub>又はSiNx又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の膜305が形成される。

【0067】本実施の形態では、第3、第4実施の形態の効果に加えて、樹脂以外の材料でかつInP基板より屈折率が低い材料を鏡面反射膜とすることにより、熱や湿度により屈折率が変化する樹脂に比べ屈折率が均一に保たれるので、受光感度の更なる向上が図れる半導体受光素子可以实现できる。

【0068】図12は本発明の第6の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の断面図である。

【0069】第5の実施の形態の半導体受光素子と同一又は相当構成要素には同一符号が付与される。

【0070】本実施の形態では、SiO<sub>2</sub>又はSiNx又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の膜305が、光導波領域のInP基板裏面及びV溝の斜面以外には形成されておらず、上記以外の領域でボンディングメタル302が直接InP基板に接触される。

【0071】よって、本実施の形態では、第3〜第5の

実施の形態の効果に加えて、InP基板301とボンディングメタル302との密着性が高い半導体受光素子が得られる。

【0072】図13は本発明の第7の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図である。

【0073】第6の実施の形態の半導体受光素子と同一又は相当構成要素には同一符号が付与される。

【0074】本実施の形態では、V溝の斜面のみ膜305が形成され、V溝以外のInP基板裏面にボンディングメタルが直接接続されるので、ボンディングメタルとInP基板の密着性が第6の実施の形態よりさらに高い半導体受光素子が得られる。

【0075】第11～第13の実施の形態の半導体受光素子では、ウエハ状態で膜305、ポリイミド303、ボンディングメタル303が形成された後、チップに分割される。

【0076】図14は本発明の第8の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の断面図である。

【0077】第8の実施の形態の半導体受光素子では、V溝内にはなにも形成されておらず、V溝は直接大気にさらされる。

【0078】本実施の形態では、光がInP基板301と大気との界面で全反射をする。V溝を除くInP基板裏面にはボンディングメタルが形成される。

【0079】大気のような気体であれば、屈折率が均一であるため、高感度の受光が可能となる。

【0080】図15は本発明の第9の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の断面図である。

【0081】第9の実施の形態の半導体受光素子では、V溝304を金属板302で封止し、V溝内に空気又は窒素ガス等の気体を充填させる。

【0082】本実施の形態では、光がInP基板と気体との界面で全反射をするような条件で溝を形成する。気体は屈折率が均一であるので、ポリイミド等の材料を鏡面反射膜として用いる場合に対して、高感度の受光が可能となる。

【0083】またV溝内は金属板で覆われているため、半導体受光素子を基板に実装する際、半田等がV溝に付着しないので、反射率の低下がない。

【0084】図16は、上記各実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の裏面平面図である。

【0085】この図に示すように、各実施の形態のV溝は、半導体受光素子チップの一部領域に形成され、チップの端部には溝は形成されない。

【0086】これにより、ボンディングメタルや電極を形成するためトリツを行う際のレジスト塗布時に、レジストの流出が防止できる。

【0087】よってレジストが均一に塗布できるので、裏面電極やボンディングメタルを精度よく形成できるようになっている。

【0088】上記各実施の形態に於けるV溝を形成する際、エッチング液として、HBrとH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oとの混合液を用いることができる。混合割合はHBr：H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>：H<sub>2</sub>O＝1：1：3とする。またBrとCH<sub>3</sub>OHとの混合液を用いることができる。混合割合は、Brが25gに対してCH<sub>3</sub>OHが500ccである。

【0089】上記エッチング液を用いた異方性エッチングを行うことにより、V溝の順マシ面のInP基板裏面の角度を $\phi=54^\circ$ とすることができる。光の入射角を $\theta=36^\circ$ とすることができる。

【0090】図17はInP基板中から鏡面反射膜として屈折率nの材料Xに入射した光が反射する場合、光の入射角に対する反射率を示したグラフである。

【0091】ここで、 $\theta=36.29^\circ$ より大としたとき、屈折率が1.9以下の材料をV溝の斜面に形成することで、光が全反射することがわかる。

【0092】

【発明の効果】本発明では、斜面を有する半導体受光素子に於いて、全反射する条件を満たすように、斜面上に反射膜として絶縁膜を形成するので、受光感度が高くかつ密着性の優れた半導体素子が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の半導体受光素子の断面図

【図2】InP基板からシリコン窒化膜及びシリコン酸化膜の各材料に入射する光の入射角 $\theta$ に対する反射率を示す図

【図3】InP基板中から鏡面反射膜である材料Xに入射した光が全反射する場合、入射角に対する材料Xの屈折率を示す図

【図4】本発明の第2の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の断面図

【図5】本発明の第2の実施の形態の半導体受光素子を裏面方向から見た斜視図

【図6】本発明の第1の実施の形態の半導体受光素子100をシリコン基板120上に実装した状態を示した図

【図7】本発明の第2の実施の形態の半導体受光素子200をシリコン基板220上に実装した状態を示した図

【図8】本発明の半導体受光素子を搭載した平面実装モジュールを示す図

【図9】本発明の第3の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図

【図10】本発明の第4の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図

【図11】本発明の第5の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図

【図12】本発明の第6の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図

【図13】本発明の第7の実施の形態の端面光入射型半

導体受光素子の要部断面図

【図14】本発明の第8の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図

【図15】本発明の第9の実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の要部断面図

【図16】各実施の形態の端面光入射型半導体受光素子の裏面平面図である。

【図17】InP基板中から鏡面反射膜として屈折率nの材料Xに入射した光が反射する場合の、光の入射角に対する反射率を示した図

【符号の説明】

101、207 シリコン窒化膜

102 Al

103 Ti

104 Au

105、201 InP基板

106、208 n<sup>+</sup>型InPバッファ層

107、209 n<sup>+</sup>型InGaAsP光吸収層

108、210 n型InPキャップ層

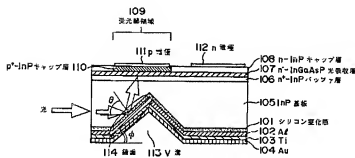
109 受光部領域

110、211 p<sup>+</sup>InPキャップ層

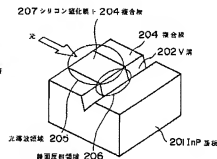
111、213 p電極

112、204 n電極

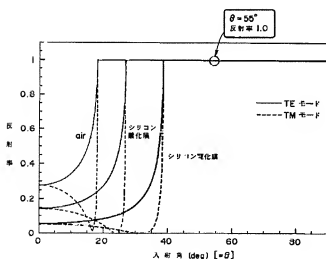
【図1】



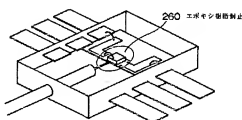
【図5】



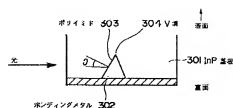
【図2】



【図8】

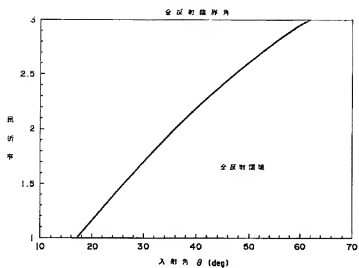


【図9】

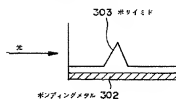




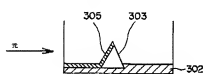
【図3】



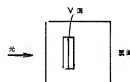
【図10】



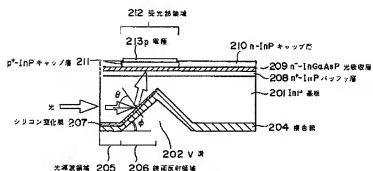
【図12】



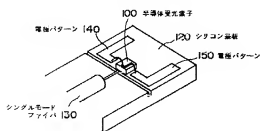
【図16】



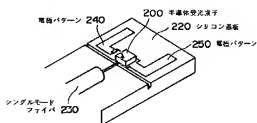
【図4】



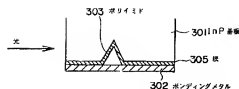
【図6】



【図7】



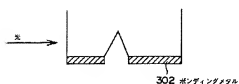
【図11】



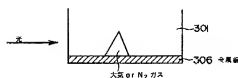
【図13】



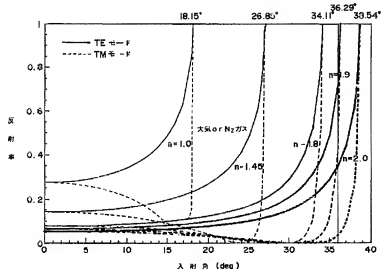
【図14】



【図15】



【図17】



【手続補正書】

【提出日】平成11年12月27日（1999.12.27）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】半導体受光素子及びその製造方法

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板の第1の主表面に対しある角度をもつて斜面が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板よりも屈折率の低い材料が反射膜として前記斜面上に形成され、前記半導体基板の側面から入射した光を前記斜面で反射させて、前記半導体基板の前記第1の主表面上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記材料は絶縁膜であり、前記反射が全反射となるように、所定の屈折率を有する前記絶縁膜及び前記斜面に対

する光の入射角を設定することを特徴とする半導体受光素子。

【請求項2】 前記受光部は前記半導体基板の前記第1の主表面上に形成され、前記斜面は前記半導体基板の第2の主表面上に所定の電位が与えられる電極が形成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項3】 前記絶縁膜は、シリコン窒化膜又はシリコン酸化膜で、前記光の入射角は $40^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項4】 前記絶縁膜は屈折率が1.9以下で入射角が $36.29^\circ$ より大きいことを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項5】 裏面に溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板に側面から入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記溝内を前記半導体基板より屈折率が低い第1の材料により埋め込むことを特徴とする半導体受光素子。

【請求項6】 前記第1の材料は、前記半導体基板内を光が進行する領域に対応する前記半導体基板裏面に接触して形成されることを特徴とする請求項5記載の半導体受光素子。

【請求項7】 前記第1の材料は樹脂であり、前記斜面と前記第1の材料との間に、前記斜面に接して、前記半導体基板より屈折率の低い、樹脂以外の第2の材料が形成されることを特徴とする請求項6記載の半導体受光素子。

【請求項8】 前記第2の材料は、前記半導体基板内を光が進行する領域に対応する前記半導体基板裏面に接触して形成されることを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項9】 前記溝を除く前記半導体基板裏面前面に前記半導体基板に接触してボンディングメタルが形成されることを特徴とする請求項5記載の半導体受光素子。

【請求項10】 前記溝及び前記第2の材料が形成された前記半導体基板裏面を除く前記半導体基板に接触してボンディングメタルが形成されることを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項11】 前記溝は半導体基板の端部に形成されないことを特徴とする請求項5乃至請求項10記載の半導体受光素子。

【請求項12】 前記第2の材料は、シリコン窒化膜又はシリコン酸化膜又は $\text{Al}_2\text{O}_3$ であることを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項13】 前記第2の材料は屈折率が1.9以下で入射角が $36.29^\circ$ より大きいことを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項14】 前記反射が全反射となるように、所定

の屈折率を有する前記第2の材料及び前記斜面に対する光の入射角を設定することを特徴とする請求項7記載の半導体受光素子。

【請求項15】 裏面に溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板の側面から入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記溝内に反射材料として気体を封入し、金属板で封止することを特徴とする半導体受光素子。

【請求項16】 裏面に溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板内に入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記反動値基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子の製造方法に於いて、

前記半導体基板の裏面に溝を形成する工程と、前記溝内を前記半導体基板より屈折率が低い第1の材料により埋め込む工程と、前記溝内に第1の材料を埋め込んだ後、前記半導体基板をチップに分割するための鋸削を行うことを特徴とする半導体受光素子の製造方法。

【系統補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するために、本願の第1の発明からなる半導体受光素子は、基板第1の主表面に対し斜面が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板よりも屈折率の低い材料が反射膜として前記斜面上に形成され、前記半導体基板の側面に前記主表面に対しある角度をもって入射した光を前記斜面で反射させて、前記半導体の前記第1の主表面上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記材料は絶縁膜であり、前記反射が全反射となるように、所定の屈折率を有する前記絶縁膜及び前記斜面に対する光の入射角を設定することを特徴とする。

【系統補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】本願の第2の発明からなる半導体受光素子は、裏面に溝が形成された半導体基板を有し、前記半導体基板の側面から入射した光を前記溝の斜面で反射させて、前記半導体基板上に形成された受光部に導く半導体受光素子に於いて、前記溝内を前記半導体基板より屈折率が低い材料により埋め込むことを特徴とする。

フロントページの続き

Fターム(参考) 4M118 AA01 AA10 AB05 BA06 CA05  
CB01 GA01 GA08 GA10 GD15  
5F049 MA02 MA03 MA04 MB07 NA01  
NB01 PA14 QA02 SS04 SS10  
TA03 TA14 WA01